

# 福建省智能网格海洋预报业务系统实现与应用

李雪丁, 曾银东, 陈金瑞, 郑祥靖, 郭民权

(福建省海洋预报台, 福建 福州 350003)

**摘 要:** 研发了福建省智能网格海洋预报业务系统, 该系统覆盖西北太平洋海域, 在福建沿岸海域、台湾海峡及周边海域、远海海域空间分辨率分别达到0.5 km、5 km和10 km, 与传统站点预报和大面预报相比, 该系统在时空上预报精细化程度更优。福建省智能网格海洋预报业务系统已成为福建省海洋预报台的主要业务系统, 至今已业务化稳定运行1 a。

**关键词:** 智能网格; 海洋预报; 业务系统

**中图分类号:** P73 TP311 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-0239(2021)01-0010-08

## 1 引言

以智能化为特征的信息技术创新应用是目前全球经济和社会发展的新趋势<sup>[1]</sup>, 正在加速信息化的变革。网格预报是把预报海域分为许多规则的网格, 在数值预报的基础上, 结合海上多种观测设备的实况数据, 包括浮标、潮位站、地波雷达、海洋站和卫星遥感等数据, 通过最优集合等方法, 对原有数值预报产品进行客观化释用<sup>[2-5]</sup>。20世纪90年代, 美国开始研发网格化预报技术, 并于21世纪初正式使用该技术<sup>[2]</sup>。近年来, 气象行业的信息化新技术研究和应用发展迅速<sup>[6-10]</sup>, 提出了新的思路, 如从战略角度进行信息化规划, 新一代信息技术和理念应向业务领域渗透, 将智能化植入传统业务系统, 加快构建智慧化的业务体系, 开发智能化的业务平台和服务产品, 提升信息服务能力的气象信息化转型发展。第七次全国气象预报工作会议和《现代气象预报业务发展规划》提出了现代气象预报业务无缝隙、精准化和智慧型的发展方向。2016年国家气象局开启全国精细化格点预报业务, 经过2 a的实践, 气象“一张网”网格预报业务正式运

行, 初步构建了智能网格气象预报, 这也意味着我国天气预报实现从传统站点预报向格点预报的转变<sup>[11-13]</sup>。

随着社会经济发展, 广大涉海企业、群众和政府部门对海洋预报的时空精细化和预报要素的多样化、定量化和时效性等方面提出了更高更迫切的需求, 同时特色服务和个性化服务需求增长迅猛, 这就形成了对海洋预报需求的服务产品种类越来越多、分类越来越细、服务对象覆盖面越来越广的特点。传统的数值预报和站点预报产品已远远达不到服务需求。网格化预报是在数值预报基础上结合实况数据进行释用和订正, 能有效提升海洋预报精度。现阶段, 网格化海洋预报的制作编辑还处于起步阶段, 预报员主要依靠主观经验。预报员每天要制作多种类型的海洋预报产品, 单纯依靠预报员已远远不能满足精细化预报实际需求。2016年10月, 国家海洋环境预报中心开始业务化试运行网格化预报, 目前已实现海面风、浪和海温等要素的预报, 范围涵盖我国管辖海域<sup>[14]</sup>, 但是智能网格海洋预报业务系统在海洋领域还未实现。如何利用现代技术手段, 以智能化的海洋预报业务平台提高海

收稿日期: 2020-03-26; 修回日期: 2020-06-16。

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2018YFC1407000、2017YFC1404800、2016YFC1401900); 福建省科技计划项目(2018Y0001); “十三五”福州市海洋经济创新发展示范项目(FJHJ16); 海岸灾害及防护教育部重点实验室开放研究基金(201603)。

作者简介: 李雪丁(1982-), 男, 副研究员, 硕士, 主要从事海洋观测预报工作。E-mail: lxd007@xmu.edu.cn

通讯作者: 曾银东(1978-), 男, 教授级高工, 博士在读, 主要从事海洋观测预报工作。E-mail: zydzyd100@163.com

海洋预报业务产品制作、加工和信息发布的水平,满足业务工作需要和社会大众对海洋预报信息服务的需求?智能预报凭借自主学习、自主积累、自主发现能力和高速运算优势,已在气象领域成功进行了探索,这也为海洋领域的发展带来了新机遇,智能网格海洋预报是未来的必然选择。现有的海洋预报要向智能网格预报转变,不仅是概念替换,更是技术体系和业务流程的全新变革。因此,建立与现行站点预报相协调的智能网格海洋预报业务系统既是适应海洋预报服务需求的手段,也是推进海洋预报业务精细化发展的方向与任务,促使海洋预报客观化、精准化和智能化水平的全面提升。

## 2 系统总体设计思路

充分利用智能现代信息技术,构建海洋信息标准规范、业务集约智能和管理协同精细的福建省智能网格海洋预报业务系统,推进海洋预报工作向智能化和标准化的方向发展。

**先进性和业务可用性:**系统软件不仅应是现阶段成熟的先进软件,而且是同类产品的主流,保证系统开发高起点。作为一个业务化应用系统,业务可用性是系统具有生命力的最重要因素之一,也是系统开发需要无条件遵循的原则。

**开放性和标准性:**要能够兼容和不断发展,系统在运行环境软、硬件选择上要符合海洋、气象、计算机和地理信息系统(Geographic Information System, GIS)等行业标准,方便系统分期逐步升级和扩充。系统设计、开发和建设要严格按照相关数据标准和技术规范要求。

**灵活性和可拓展性:**基于未来机构发展和业务需求,在相关台站、海上设备信息、数据参数、文档、资料格式和功能模块等发生变化时,能够快速进行转换、导入、导出、扩充和程序优化等,既保证动态条件下业务流程的正确性,又保留足够的业务可扩充性,实现众创开发与完善。

**易用性和可维护性:**要充分考虑用户界面方便、友好和灵活,各子系统之间切换自由<sup>[15]</sup>。通过详细书写文档、源文件内部注解以及使用良好的编程语言,提升系统的可维护性。

**可靠性与稳定性:**不可靠的软件不仅影响使

用,而且会对系统原始数据造成无法挽回的损失。系统需经长时间测试,保证长期正常运转,并有冗余备份和恢复方案,能够及时恢复。

## 3 系统框架结构

福建省智能网格海洋预报业务系统采用跨平台程序设计,服务器采用Linux操作系统;数据库采用Oracle作为海洋数据关系型数据管理系统;采用基于Kafka消息总线中间件协调各个分系统间的数据同步和应用请求;采用Apache Spark作为分布式内存计算框架,提升数据处理、订正和协同性能。系统架构采用B/S架构模式,免去安装升级客户端的繁琐操作;采用自主开发的WebGIS应用框架作为系统的展现框架。系统总体框架图见图1,包括运行支撑层、数据资源层、应用支撑层、业务应用层和用户层。

### 3.1 运行支撑层

运行支撑层是构建系统的网络环境与运行环境,是支撑系统运行的基础,主要包括网络系统、服务器存储设备、电脑终端、交换机、防火墙和路由器等硬件设备建设和操作系统、数据库软件和GIS平台等支撑软件。

### 3.2 数据资源层

数据资源层是系统的核心,主要是对海洋、气象观测资料和数值预报模式数据等进行采集、分析、存储、管理和对外数据通讯接口等,并汇集系统生成的各类预报产品。通过数据环境建设,实现不同来源结构化与非结构化的数据有机集成、科学管理和有序共享。

### 3.3 应用支撑层

应用支撑层是系统建设的基础保障,根据需求进行面向系统架构的设计,通过应用组件进行有效整合和管理,快速搭建相关功能模块。

### 3.4 业务应用层

业务应用层包括网格海洋预报产品动态取优、网格预报编辑、智能订正技术规则、预报产品的检

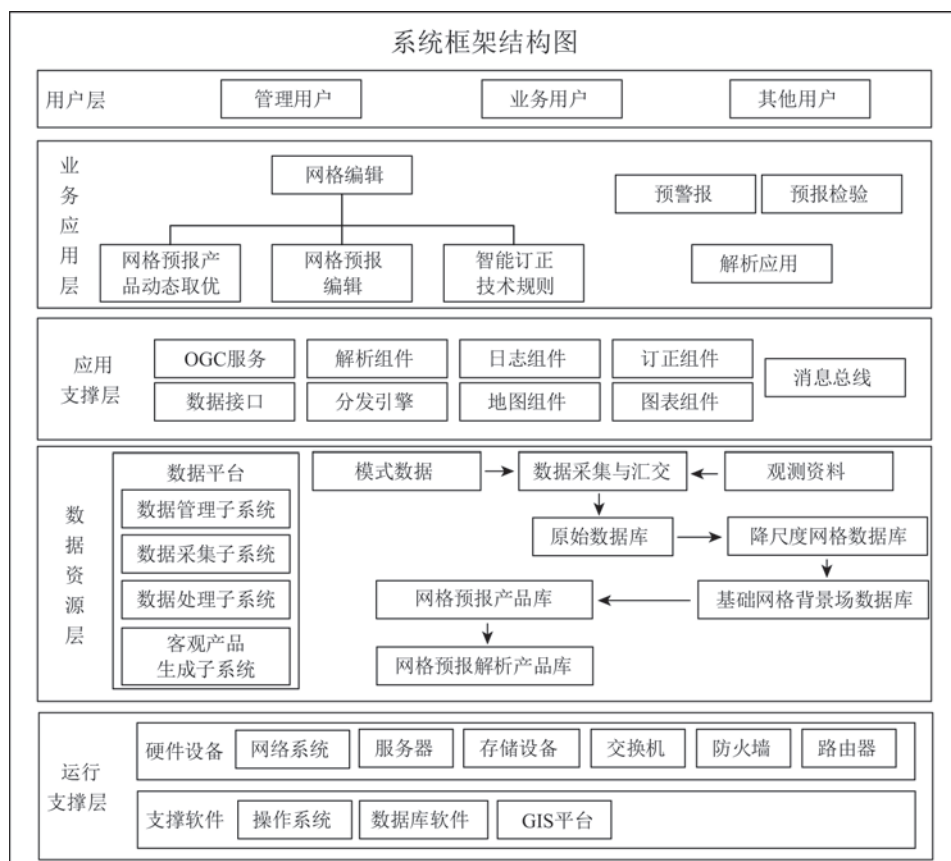


图1 福建省智能网格海洋预报业务系统框架结构图

验、解析应用以及自动制作预报警产品等功能。

### 3.5 用户层

用户是系统的服务目标,通过系统对业务用户提供各类信息服务。用户层主要包括管理用户、业务用户和其他用户等。

## 4 系统核心功能设计

智能网格海洋预报业务系统是新一代海洋预报业务系统,核心功能设计包括网格预报数据库建设、海洋网格预报编辑平台建设、网格预报解析服务系统建设和预报检验平台建设(见图2)。该系统集成多源风、浪、流和海温等业务化数值预报产品,每日定时基于实时观测数据和多种释用方法自动订正数值预报模式结果,形成多种网格预报背景产品,以预报检验结果为评估手段,选出最优网格预报背景场,必要时经人工交互订正编辑,形成最终

网格海洋预报产品;并通过网站、手机APP和福建省海洋预报公共服务平台等方式向用户提供可定制化、多要素和时空分辨率高的网格海洋预报产品。相比过去的海洋预报,该系统能够为海洋预报员智能优选出网格预报背景场,海洋预报员可方便地在系统上对数据进行编辑和订正,系统根据解析规则能够在短时间内自动制作生成大批量的海洋预报产品,大大提升海洋预报的智能化水平和制作效率。

### 4.1 网格预报数据库建设

网格预报数据库建设主要包括原始数据库、降尺度网格数据库、基础网格背景场数据库、网格预报产品库和网格预报解析产品库等5类数据库建设。

(1)原始数据库:原始数据来源渠道广,数据格式不一致,依据不同的数据源需要设计不同的访问方式和数据探查手段,采用数据索引入库的方式对



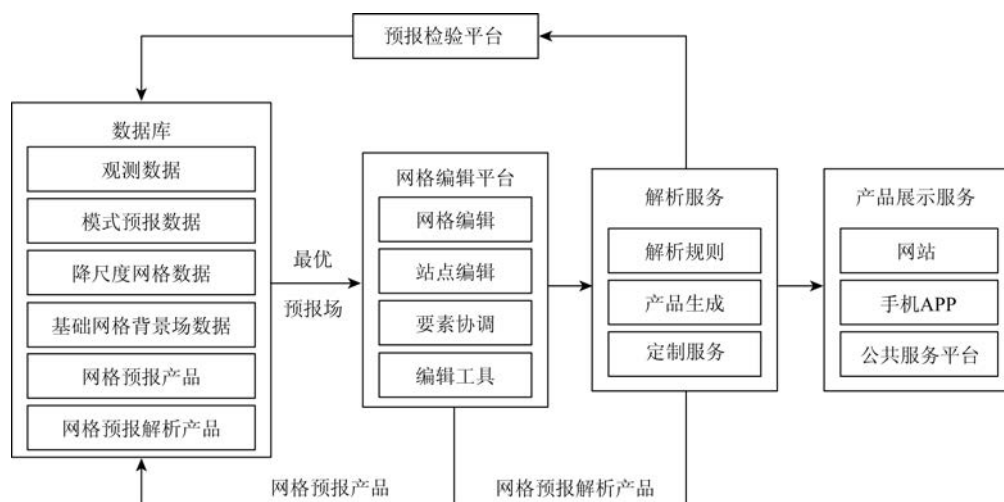


图2 系统核心功能设计图

原始数据库进行建立。国家海洋环境预报中心于2013年开始业务化试运行全球海洋数值预报系统,通过多种方式实时提供和发布海流、海浪、海温和海面风场等数值预报产品,实现了全球海域范围内从百公里级到公里级空间分辨率的一体化预报业务全覆盖<sup>[16-17]</sup>。为了确保福建省自主研发的风、浪和流等数值预报系统每天都能业务化运行,智能网格海洋预报业务系统建立了3条链路下载数值预报模式所需的初始场数据源(见图3)。链路一是从国家体系的云平台和FTP上进行下载,链路二是下载欧洲中期天气预报中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)风场数据(简称“EC”),链路三是下载全球预报系统(Global Forecast System, GFS)风场数据;每天定时下载初始场和边界场,再通过曙光高性能计算机进行计算,利用自建的天气研究与预报(Weather Research and Forecasting, WRF)模式风场、第三代海浪模式近岸海浪模拟(Simulating WAVes Nearshore, SWAN)浪场、区域海洋数值模式(Regional Ocean Modeling System, ROMS)温盐流场数值预报系统分别计算生成3套风场数值预报产品、3套浪场数值预报产品和3套温盐流场数值预报产品,保障该系统每天都有稳定的数据源,满足业务化运行要求。

(2)降尺度网格数据库:通过降尺度方法达到精细化网格海洋预报系统的统一要求,包括统一分辨率和统一文件格式。气象行业建立的智能网格气象预报中统一将风和降雨等网格降尺度为同一

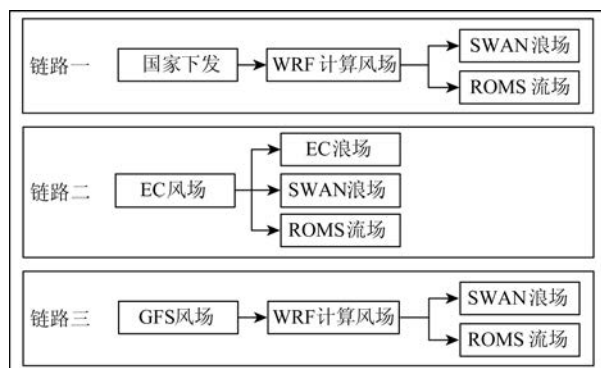


图3 数值模式初始场数据源下载链路

个分辨率,而在海洋中,沿岸海域受海底地形和岸线的影响变化复杂,所以福建省智能网格海洋预报业务系统将预报海域的网格设计为3种分辨率。该系统覆盖西北太平洋海域,在福建沿岸海域、台湾海峡及周边海域和远海海域的网格空间分辨率分别为0.5 km、5 km和10 km。不同分辨率的网格采用三层嵌套的方法进行无缝拼接,在网格重叠区域优先选择高分辨率网格,并通过降尺度方法将数值预报产品转化为降尺度网格数据产品,实现在同一张网格上存在3种不同分辨率的网格,可满足不同区域对精细化网格预报应用的需求。与传统站点预报和大面预报相比,该系统在时空上都进行加密,最高网格分辨率达0.5 km,最高预报时间间隔1 h,预报精细化程度更优。

(3)基础网格背景场数据库:包括原始库中未降尺度模式文件以及降尺度网格数据库中模式文

件。通知降尺度处理器进行空间和时间降尺度,通知各种模式集成处理器进行模式融合,从而完成背景场数据库的建立。

(4) 网格预报产品库:系统基于实时观测数据和多种释用订正方法,如误差订正、模式输出统计(Model Output Statistics, MOS)订正、实况滚动订正等,每日定时自动订正多源数值预报产品,生成多要素的多种网格预报参考产品;通过自动协同功能保证风场、浪场和流场预报要素间的一致性,并采用网格预报动态检验评优或多模式权重等方式推荐最优网格预报产品作为最终背景场(见图4)。以海表温度误差订正为例,系统将卫星遥感观测和浮标观测数据作为真实值,为了订正未来7 d的数值预报结果,系统先选出当前预报时刻(假设为20日)前7 d(13—19日)的数值预报数据与对应时间段内的真实值进行误差计算,得出“7 d平均误差”,然后系统再对13日之前一定“时间段”,如1 d(12日)、2 d(11—12日)、……、7 d(6—12日),分别计算这些“时间段”内的数值预报数据与真实值之间的误差,由系统优选出一个“时间段”内(假设为2 d)的误差值与“7 d平均误差”最为接近,然后计算当前预报时刻之前该“时间段”内(18—19日)数值预报数据与真实值的误差,再根据预报海域的空间范围,通过距离加权平均法,计算预报海域内网格点上的误差,对未来预报7 d的海温预报数值进行订正。系统每日滚动运行,每日重新计算得到一个新的“7 d平均误差”,并通过系统智能优选出与“7 d平均误差”最为接近的那个“时间段”,并计算出该“时间段”的误差用于订正,减小预报海域的海表温度预报误差。

(5) 网格预报解析产品库:通过数据接口从网格预报产品库中读取数据,经人工订正编辑生成最终网格预报产品,按照解析规则生成解析产品数据。

## 4.2 海洋网格预报编辑平台建设

海洋网格预报编辑平台可以实现海洋精细化网格/站点预报制作、编辑和订正,解决单要素时间一致性、网格/站点空间一致性和多要素之间一致性等智能转换问题。预报员结合主观预报经验使用智能订正工具对各预报要素进行人工订正。订正的编辑工具主要包括:

(1) 主客观融合工具:通过选定一个海域范围,提取出海域内的最大值(不含无效值)和最小值,对最大值和最小值进行调整,所选海域范围内的所有网格值以等比的方式进行相应调整。

(2) 权重工具:在地图上选择修改海域,该海域中心点会显示最大值,编辑属性栏会显示选中海域的开始值与结束值。利用权重工具可改变海域中心位置,改变当前选中海域的比重,根据实际情况重新设置开始值与结束值,以反距离加权法算出选中海域内海洋要素的所有网格值。

(3) 画笔工具:网格值按照画笔所设值进行调整,设置操作选择包括点值和区间,操作类型包括固定值修改、增加值和减少值等操作。

(4) 落区工具:包括落区增加、点增加、选择和删除。支持海域绘制落区图形,绘制完成后,海域上增加一条落区等值线并进行网格化处理。

(5) 图表编辑工具:点击需要编辑的海洋站点,弹出图表编辑框,可以通过赋值将所有时效全部赋值为定值或者增量值,也可将该编辑站点的预报结果同步到其他站点。

(6) 站点编辑工具:在地图上绘制需要修改的站点并输入修改值,绘制完成后,该站点按照所设值进行调整。

(7) 撤销恢复工具:支持撤销恢复,可恢复上一步的操作。

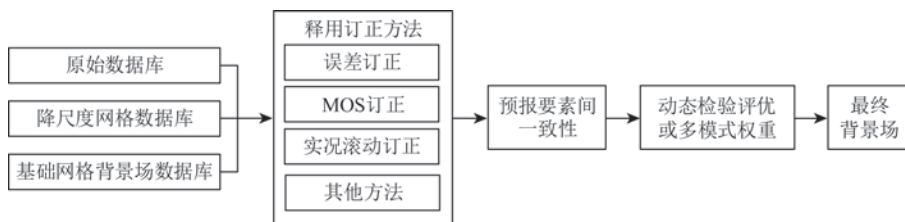


图4 最终背景场的生成流程图

### 4.3 网格预报解析服务系统建设

根据最终的网格预报产品,统一制定数字向文字、单区域向多网格和多时段向时段连续性等预报产品转换规则标准库。根据福建省实际预报产品的需求,设计常规海洋预报要素向多样化专题要素转变的解析规则,研发常用文字、报文和图形等预报产品的自动转换生成技术,支持手动编辑功能,可对预报产品进行图形绘制和文字修订等。

#### (1) 预报产品解析规则

网格预报产品生成后,需要通过风、浪、流和水温等要素解析规则生成预报产品。下面以海浪预报产品为例,说明其解析规则的设计。在预报时段内,海浪从预报开始到结束的数值和浪级都可能发生变化,特别是在预报时段中间会有增大或减小的过程(见图5)。网格预报产品解析到文字预报产品需制定统一规则的转换,在转换中包含网格预报数值的提取和确定浪级两个过程。提取预报区域开始时的最大浪高值B0,预报时段内的最大浪高值B1,预报结束时的最大浪高值B2;根据B在预报时段内的前浪高、中浪高、后浪高预报值和对应浪级,利用解析规则的文字表述,形成最终的解析预报产品。

#### (2) 预报产品解析生成

网格预报解析产品生成后,人工对预报产品进行校核,以Word、TXT、表格和图片等形式生成预报产品,支持生成基于GIS的图片产品。

#### (3) 预报产品定制服务

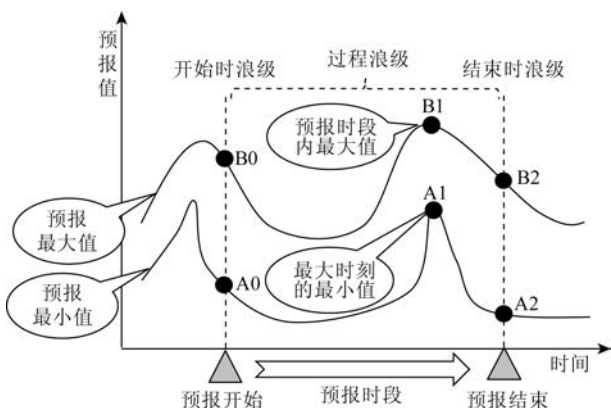


图5 海浪网格预报产品解析规则

通过智能编辑工具,实现在WebGIS地图上进行动态站点增加和航线绘制等特定海域的海洋预报产品定制服务,系统根据增加的站点和航线等自动生成对应的定制预报服务产品。

### 4.4 预报检验平台

预报检验平台建立包括海洋水文、气象相关要素风场、浪场、流场和温度场等预报检验的数据库,关系型数据库和文件库并存,客户端可以直接访问数据表或通过Web Service进行访问,预报检验结果通过WebGIS进行实时显示。预报检验站点的选择是通过平台获取网格预报产品数据,将网格各顶点数据插值到实时观测站点上得到的值作为网格预报值,与对应站点实时观测值进行对比检验。该平台利用福建省立体实时观测网获取的数据以及通过部门共享和收集获取的数据,包括海上在位运行的实时观测数据和卫星遥感数据,系统每日对定时生成的多源风、浪、流和水温等数值预报数据(由不同链路下载的数据源分别计算的数值预报数据)、多种释用订正数据(包括由误差订正、MOS订正和实况滚动订正等多种方法分别释用订正生成的数据)和经人工订正编辑生成的网格预报数据等进行误差检验。误差检验内容包括均方根误差、平均绝对误差和平均相对误差等,分别对风、浪、流和水温等各要素未来7d逐小时的数据误差进行检验。检验结果可以通过柱状图、曲线图以及数据列表形式进行展示和导出,同时将误差检验结果反馈到数据库模块用于选择最优预报场。

## 5 智能网格海洋预报业务系统的实现与应用

该系统实现了福建海域网格海洋预报产品的智能化订正、制作和发布功能,已投入业务使用;实现了海洋预警报10大类业务产品自动化制作及53份日常海洋预报服务产品智能化制作生成,通过网站、微信和手机APP等方式向用户发布;网格海洋预报数据产品实现了与福建省海洋预报公共服务平台的对接,该平台为用户提供个性化服务,用户可以在平台上获取海域任意点或任意海区的网格数据,提高了海洋预报精准的服务水平。



该系统已稳定运行了1 a。后台每天自动通过预报检验平台优选出数值预报模式,根据释用订正方法形成最优预报场。预报员根据经验使用编辑工具对最优预报场进行调整和订正,制作形成包括风速、风向、浪高、浪向、流速、流向、高温和低温等各类海洋预报要素的网格海洋预报产品存储到数据库,只要给定预报海域任意点经纬度信息,便可自动获取该海域未来7 d逐小时的各类海洋要素预报产品,并以文字和图表等形式输出。以2020年3月25日08时日常海洋预报中的城市海洋环境预报为例:业务工作中将福建沿岸海域分成38个区域,分别需要形成38份城市海洋环境预报单;系统通过预报检验平台自动优选出网格预报背景场,并自动将其进行加载,此背景场数据是以24日20时为预报起点的网格预报数据;海洋预报员再结合25日08时之前预报海域浮标等观测的实况数据以及未来7 d天气形势的分析判断,对预报海域未来7 d逐小时的网格预报产品进行订正,形成最终网格预报产品;系统根据解析规则自动生成38份城市海洋环境预报单并通过邮箱、传真和网站等已设定的方式进行自动推送。

利用该系统能自动生成福建省所有日常海洋预报产品,包括台湾海峡渔业海况气象预报、城市海洋环境预报、福建沿海海况预报、水温预报、航线海洋环境预报和重点保障目标海洋环境预报等各类海洋预报产品。海洋预报员通过该系统能快速制作大量的海洋预报产品,大大地减轻了海洋预报员的预报压力。同时,该系统能够为福建省今后开展全省沿海225个渔港、332个养殖区和2 214个海岛等多类型精细化小网格海洋环境预报产品的服务提供强有力的支撑,使海洋预报员能够在短时间内完成大批量海洋预报产品的制作,极大地提高海洋预报员的预报效率。

## 6 结论与讨论

(1)福建省智能网格海洋预报业务系统覆盖西北太平洋海域,在福建沿岸海域、台湾海峡及周边海域和远海海域的空间分辨率分别达到0.5 km、5 km和10 km,与传统站点预报和大面预报相比,该系统在时空上预报精细化程度更优。

(2)该系统选用B/S架构的WebGIS技术,免去

安装升级客户端的繁琐操作,多个预报员可以同时进行操作,提高了预报员间协同工作效率,同时数据产品生成和海洋各要素的协同均在服务器端完成,对本地计算机性能要求非常小。

(3)预报员通过该系统能方便地把多源数值预报数据和实况数据应用到当前预报,并通过网格编辑工具方便地订正,提升了预报员的主观订正效率和效果。

(4)系统自动生成福建省智能网格海洋预报产品数据库,可输出所辖海域任意点未来7 d逐小时的风、浪、流和水温等多种海洋要素预报,能满足政府部门、涉海行业和社会公众的各种海洋服务需求。

(5)该系统设计了3条链路下载数值预报模式所需的初始场数据源,有力地保障了海洋预报的稳定业务化运行。目前该系统已稳定运行1 a,并代替了传统的预报模式。

(6)福建省智能网格海洋预报业务系统的智能化,体现在系统可以实现预报检验中对多源模式结果和经多种订正方法释用结果进行自动检验和评估,并推荐最优预报场给预报员参考分析和人工订正。系统可实现网格海洋预报产品的及时、高效和智能化制作,很大程度上减轻了海洋预报员的工作量,提高工作效率的同时丰富了海洋预报产品。“智能”并不代表预报员“无用武之地”,相反对预报员提出更高的挑战和要求,需要预报员不断加强学习,充分发挥经验丰富和对复杂海况形势把握的优势,并不断升级和优化智能网格预报订正方法和预报检验方法,融入到智能网格海洋预报业务系统中。

## 参考文献:

- [1] 杨有林,陈海波,王建林,等.宁夏智能化综合气象业务服务共享管理平台设计与实现[J].气象,2018,44(7):961-968.
- [2] 方正飞.智能网格化推动海洋预报更精确[N].中国海洋报,2017-06-16(001).
- [3] 宋毅,宋晓姜,高志一,等.基于贝叶斯理论的中国近海网格化气象要素概率预报研究[J].海洋预报,2017,34(3):1-9.
- [4] 韩玉康,余丹丹,申晓莹,等.HYCOM模式SST的预报误差订正[J].海洋预报,2018,35(3):76-80.
- [5] 柳婧,宋晓姜,王彰贵.海面风场融合技术综述[J].海洋预报,2018,35(3):81-87.
- [6] 高嵩,代刊,薛峰.基于MICAPS3.2平台的格点编辑平台设计与开发[J].气象,2014,40(9):1152-1158.

- [7] 沈文海. “智慧气象”内涵及特征分析[J]. 中国信息化, 2015(1): 80-91.
- [8] 汪春辉, 陈森, 朱彪. 基于 SOA 架构的气象服务一体化业务平台研究[J]. 福建电脑, 2016, 32(9): 103-105.
- [9] 王海宾, 杨引明, 范旭亮, 等. 上海精细化格点预报业务进展与思考[J]. 气象科技进展, 2016, 6(4): 18-23.
- [10] 贺雅楠, 高嵩, 薛峰, 等. 基于 MICAPS4 的智能网格预报平台设计与实现[J]. 应用气象学报, 2018, 29(1): 13-24.
- [11] 武玉龙, 付亚楠, 刘旭阳. 智能网格预报的研究评述与展望[J]. 内蒙古科技与经济, 2017(23): 77-78.
- [12] 朱佳宁, 邱学兴, 安晶晶, 等. 安徽省智能网格预报编辑系统的实现与应用[J]. 软件, 2018, 39(10): 242-249.
- [13] 王建鹏, 薛春芳, 潘留杰, 等. 陕西省精细化网格预报业务系统技术方法[J]. 气象科技, 2018, 46(5): 910-918.
- [14] 方正飞. 海洋预报技术向“智能网格化”转变[N]. 中国海洋报, 2018-12-28(001).
- [15] 杨志勇, 段卿, 颜东. 福建省市县预报服务平台的设计和实现[J]. 福建电脑, 2018, 34(8): 135-136.
- [16] 王辉, 万莉颖, 秦英豪, 等. 中国全球业务化海洋学预报系统的发展和应用[J]. 地球科学进展, 2016, 31(10): 1090-1104.
- [17] 刘娜, 王辉, 凌铁军, 等. 一个基于 MOM 的全球海洋数值同化预报系统[J]. 海洋通报, 2018, 37(2): 139-148.

## Establishment and application of an intelligent grid operational marine forecasting in Fujian province

LI Xue-ding, ZENG Yin-dong, CHEN Jin-rui, ZHENG Xiang-jing, GUO Min-quan

(Fujian Marine Forecasts, Fuzhou 350003 China)

**Abstract:** This paper introduces an intelligent grid operational marine forecasting system, which covers the northwest Pacific Ocean area and has a spatial resolution of 0.5 km, 5 km and 10 km for the nearshore area of Fujian province, Taiwan Strait and its surrounding area and the open ocean area, respectively. The system reveals higher spatial and temporal resolution compared to the traditional station forecast and large-scale forecast. As the main operational forecasting system for Fujian province, the intelligent grid operational marine forecasting system has been operational running for one year.

**Key words:** intelligent grid; marine forecasting; operational system